

Las facies detríticas de la plataforma continental de Cádiz (tramo Chipiona-Trafalgar) en relación con la evolución de la dinámica sedimentaria reciente

J. M. GUTIÉRREZ-MAS¹, A. LÓPEZ-GALINDO², J. L. GONZÁLEZ-CABALLERO³ y F. LÓPEZ-AGUAYO¹

¹ Dpto. de Estructura y Propiedades de los Materiales. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz.
Apdo. 40, 11510 Puerto Real (Cádiz).

² Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra. CSIC-Univ. Granada. Fc. Ciencias. Granada.

³ Dpto. de Matemáticas. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz. Apdo. 40, 11510 Puerto Real (Cádiz).

Resumen: Se han estudiado los sedimentos de la plataforma continental del Golfo de Cádiz, entre la desembocadura del río Guadalquivir y el Cabo de Trafalgar, al objeto de conocer la distribución de facies, las asociaciones mineralógicas dominantes, la procedencia de los aportes, sus condiciones de depósito y la evolución reciente. Los sedimentos presentan carácter siliciclástico, diferenciándose dos sectores: al S del paralelo de Cádiz predominan arenas cuarcíferas bioclásticas (arenas relictas), depositadas en medios relativamente energéticos en momentos de bajo nivel del mar, que se encuentran en desequilibrio con el régimen oceanográfico actual. Al N, en relación con la desembocadura del río Guadalquivir, aparecen fangos arcillosos que progradan hacia el SE. Las asociaciones mineralógicas dominantes son cuarzo-calcita en la fracción total, illita-caolinita en la fracción arcilla y epidota-granate-rutilo en la pesada, similares a las determinadas en afloramientos continentales próximos, constatándose la permanencia de las fuentes de aportes desde el Plioceno superior a la actualidad. Las áreas fuente se encuentran por el N y NE, en Sierra Morena y Cordillera Bética, respectivamente, y por el S y SE en las Unidades Subbéticas, las del Campo de Gibraltar y los materiales neógenos de la Depresión del Guadalquivir. Bajo los sedimentos recientes se detecta una superficie de erosión y el relleno de canales fluviales excavados en momentos de bajo nivel relativo del mar. La situación de alto nivel relativo del mar está indicada por la existencia de formaciones fangosas prodeltaicas. Se concluye que la distribución de las facies detríticas está condicionada por: a) las fluctuaciones del nivel del mar durante el Holoceno; b) la diferente tasa de sedimentación entre los sectores N y S de la zona; c) la dirección dominante de las corrientes oceánicas y litorales hacia el SE; y d) la orientación de la línea de costa y margen continental.

Palabras clave: Golfo de Cádiz, plataforma continental, sedimentos marinos, mineralogía, dinámica sedimentaria.

Abstract: Sediments of the continental shelf of the Gulf of Cadiz, among the estuary of the Guadalquivir river and Cape of Trafalgar, have been studied in order to know the facies distribution, mineralogical associations, source areas, deposit conditions and recent sedimentological evolution. Sediments have siliciclastic character and two sectors can be distinguished: to the S of the parallel of Cadiz prevail bioclastic quartziferous sands, accumulated in relatively energetic areas during low sea level, currently in imbalance with the prevailing oceanographic regime. To the N, in relation with the estuary of the Guadalquivir river, argillaceous muds appear progradating toward the southeast. The observed mineralogical associations are: quartz-calcite in the bulk fraction, illite-kaolinite in the clay fraction and epidote-garnet-rutile in the heavy fraction, similar to those determined in next continental surface outcroppings, being almost constant the detritus from the Upper Pliocene until present time. The source areas are found by the N and NE in Sierra Morena and Betic Cordillera respectively. By the S and SE in the Subbetic Units, Campo de Gibraltar Units and the Neogene materials of the "Depresión del Guadalquivir". Under recent sediments it is observed the existence of a weathering surface and filled fluvial canals excavated during low relative sea level. The high relative sea level is indicated by the existence of prodeltaic muddy formations. It is concluded that the distribution of the detrital facies is conditioned by: a) the fluctuations of sea level during the Holocene; b) the different sedimentation rate among the N and S areas; c) the dominant direction of the coastal and marine currents toward the SE; and d) the orientation of the coast line and continental margin.

Keywords: Gulf of Cadiz, continental shelf, marine sediments, mineralogy, sedimentary dynamics

Gutiérrez-Mas, J. M., López-Galindo, A., González-Caballero, J. L. y López-Aguayo, F. (1995): Las facies detríticas de la plataforma continental de Cádiz (tramo Chipiona-Trafalgar) en relación con la evolución de la dinámica sedimentaria reciente. *Rev. Soc. Geol. Esp.* 8 (1-2): 61-71.

A pesar del gran número de estudios realizados en el margen continental ibérico del Golfo de Cádiz (cf. Segado *et al.*, 1984; Gutiérrez-Mas, 1992), la naturaleza, composición y distribución de las facies sedimentarias recientes no han sido

abordadas en profundidad. En este trabajo se estudian los sedimentos marinos recientes bajo un punto de vista sedimentológico y mineralógico, en un tramo entre la desembocadura del río Guadalquivir y el Cabo de Trafalgar (Figura 1).

En este sector del Golfo de Cádiz la línea de costa y el margen continental se orientan de NNW a SSE con escalonamientos E-W, direcciones que se continúan en el continente y que están condicionadas por accidentes tectónicos antiguos que han actuado recientemente (Roberts, 1970; Baldy *et al.* 1977; Sanz de Galdeano, 1990). Estas direcciones morfo-estructurales afectan tanto a la dinámica sedimentaria en la plataforma como en el lito-

(NASW) que, con dirección SE, barre esta parte del margen continental, no apreciándose la acción directa del Flujo Mediterráneo de Salida (MOW) que discurre a mayor profundidad (Bray, 1986; Shull y Bray, 1989). En el litoral lo controlan los temporales de Poniente y Levante, siendo los primeros responsables del establecimiento de una corriente de dirección SE, favorecida por la orientación y morfología de la costa.

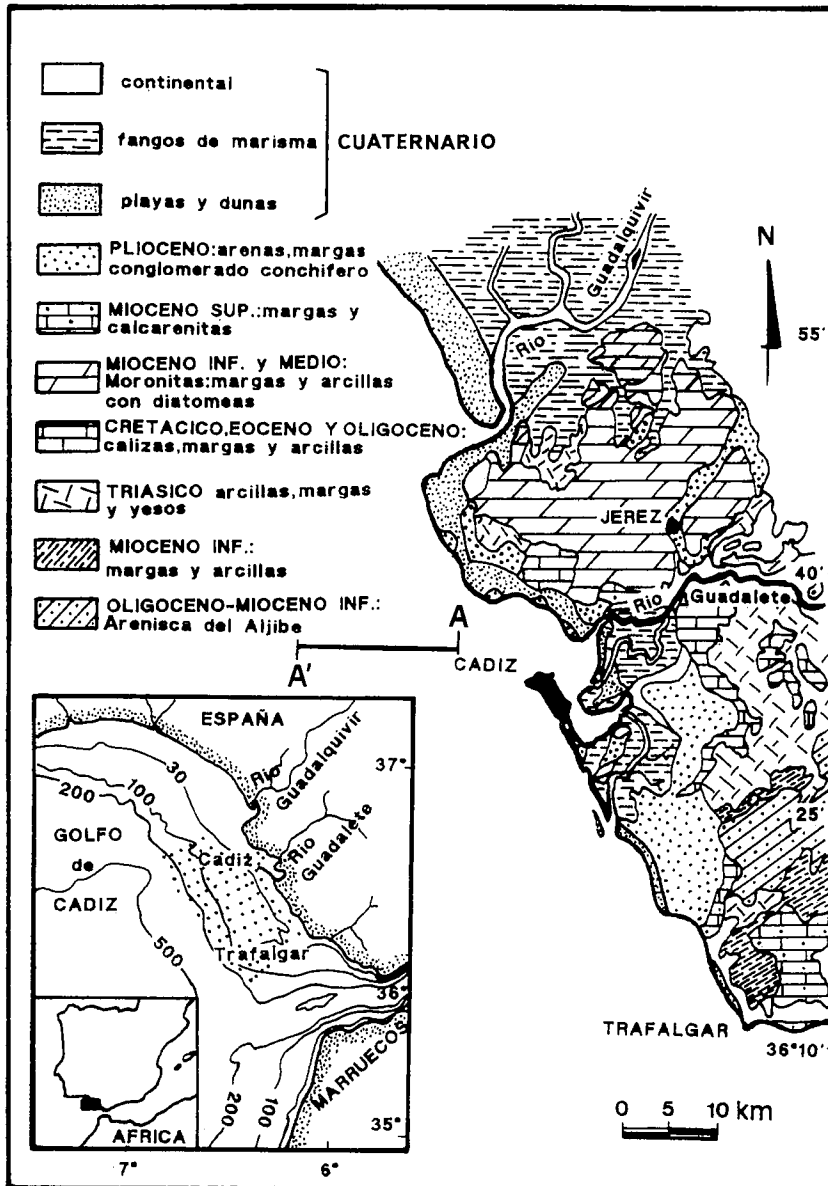


Figura 1.- Encuadre geográfico y geológico general y situación del perfil sísmico (A-A') de la Figura 12.

ral, al condicionar la ubicación de las desembocaduras de los cursos fluviales.

La plataforma tiene una anchura media de 50 Km y pendiente suave, que se incrementa a partir de los 100 m de profundidad, situándose el borde de la plataforma entre 150 y 200 m. El talud presenta pendientes suaves y una morfología general cónica, con sectores de aterramiento de origen tectónico y numerosos cañones submarinos, muchos de los cuales tienen su cabecera en la plataforma (Melieres, 1974).

En la plataforma, el sistema hidrodinámico está controlado por la corriente de Agua Superficial Noratlántica

Metodología

El estudio se ha realizado a partir de 140 muestras de sedimentos extraídas con tomatestigos en la plataforma continental, talud superior y bahía de Cádiz, cuya localización se indica en la figura 1 y cuyas coordenadas se recogen en Gutiérrez-Mas (1992). El estudio sedimentológico se ha basado en la interpretación de datos granulométricos y mineralógicos complementados con datos de registros sísmicos de alta resolución (3.5 KHz). El análisis granulométrico ha consistido en la determinación de la distribución de tamaños de grano y análisis de pobla-

ciones. El contenido mineralógico se ha determinado mediante difracción de rayos-x en las fracciones total, pesada y arcilla.

El tratamiento de los datos se ha realizado mediante métodos estadísticos, especialmente Análisis Factorial Multivariante. Se ha aplicado el método de Imbrie, que utiliza la matriz de similitudes (Imbrie, 1963; Imbrie y Van Andel, 1964; Davis, 1973; Jöreskog *et al.*, 1976; Reyment y Jöreskog, 1993). Las asociaciones mineralógicas dominantes se han obtenido a partir de las variables que alcanzan puntuaciones más altas en los factores (*factor scores*) (Komar *et al.*, 1989; Gutiérrez Mas, 1992).

Resultados y discusión

Los sedimentos superficiales de la plataforma continental de Cádiz son de naturaleza mayoritariamente siliciclástica. Los carbonatos aparecen con contenidos medios del 20% y su carácter es fundamentalmente bioclástico.

Granulometría

Se pueden diferenciar dos grandes sectores en el área estudiada: a) al sur del paralelo de Cádiz predominan arenas de tamaño de grano medio a fino, que puede ser grueso y localmente grava en zonas cercanas a la costa; b) al norte y noroeste de la zona, y en relación con la desembocadura del río Guadalquivir, aparecen fangos-arcillosos con menos del 2% de arena, cuya distribución presenta orientación sensiblemente paralela a la costa (Figura 2). Estos fangos se acuñan hacia el SE hasta alcanzar el paralelo de Cádiz, mientras que, mar adentro, llegan hasta el talud.

La aplicación de métodos de análisis de poblaciones, concretamente el método de Visher (Visher, 1969) ha

permitido caracterizar, a gran escala, las condiciones de depósito. Los resultados muestran que los sedimentos finos ubicados al N y NW de la zona corresponden a ambientes de baja energía, tipo prodelta, mientras que las arenas ubicadas más al S se relacionan con medios más energéticos, propios de ambientes afectados por el oleaje (Figura 3).

Composición mineralógica

El cuarzo es el mineral mayoritario en la fracción total, con un contenido medio del 40% y máximo de 80%. Su proporción varía con el tamaño de grano, asociándose especialmente con arena, fracción con la cual presenta un coeficiente de correlación de 0.85, en tanto que con limo y arcilla es de -0.8 y -0.9 respectivamente, fracciones en las que es sustituido por calcita bioclástica. Los feldespatos aparecen en cantidades medias inferiores a 5%, aunque localmente pueden alcanzar valores de hasta un 20%.

Entre los carbonatos destaca la calcita, con contenidos medios del 25% y una distribución homogénea, siendo el segundo mineral en importancia en los sedimentos. Esta fase está constituida fundamentalmente por fragmentos de caparzones de bivalvos y gasterópodos, junto a equinodermos, briozoos, ostrácodos y foraminíferos (Gutiérrez Mas, 1992). La dolomita presenta contenidos medios inferiores al 5%, con máximos de 15% en la plataforma externa y borde de la misma. El aragonito presenta contenidos muy bajos y una distribución heterogénea, observándose cierta correlación con la calcita (0.5) y la grava (0.4).

Los filosilicatos constituyen la mayor parte de la fracción fina, con coeficientes de correlación de 0.7 y 0.9 con el limo y la arcilla, respectivamente. El contenido medio es del 20%, con máximos del 70% en las forma-

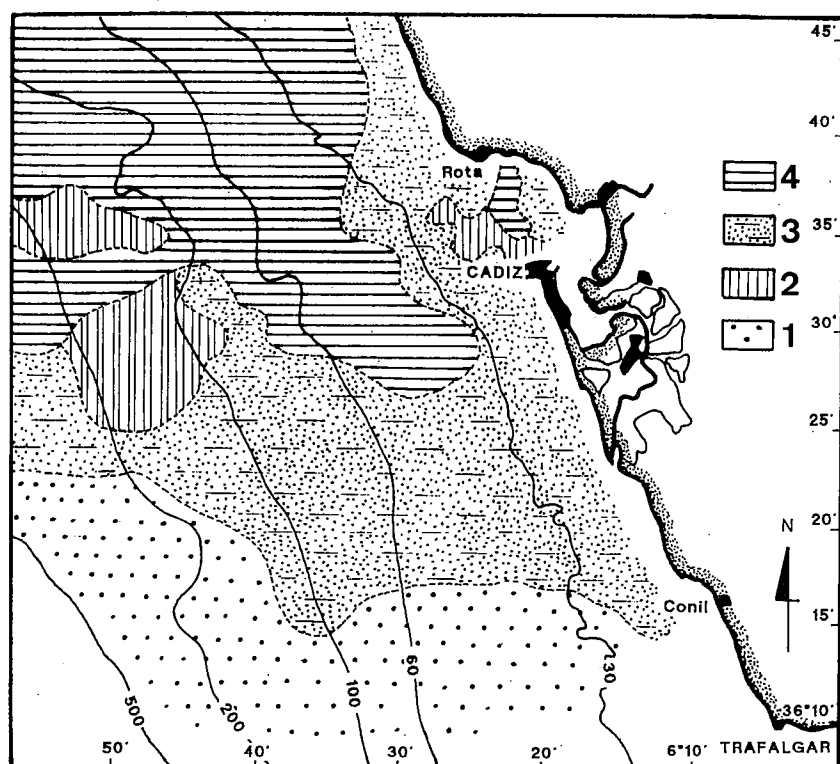


Figura 2.- Distribución de facies granulométricas recientes: 1. Arena; 2. Arena-arcillosa; 3. Limo-arenoso; 4. Arcilla-limoso.

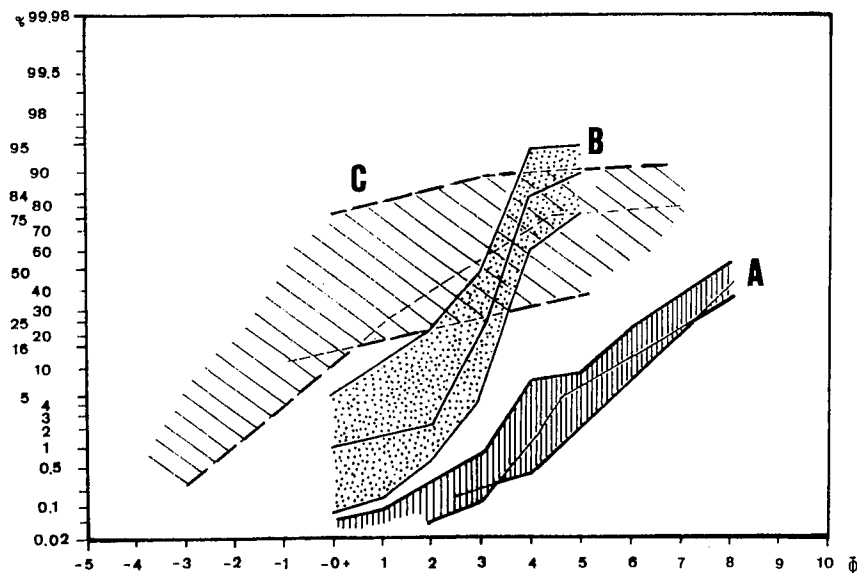


Figura 3.- Representación gráfica e interpretación, según el Método de Visher, de las principales familias de curvas de distribución de frecuencias acumuladas: A. Medios intermareales afectados por olas; B. Prodeltas; C. Otros.

ciones fango-arcillosas ubicadas al N de la zona. El mineral predominante es la illita, seguida de caolinita, esmectita y del interestratificado illita-esmectita.

En la fracción pesada aparece un conjunto heterogéneo de minerales, entre los que cabe destacar por su frecuencia y abundancia granate, enstatita, ilmenita, estaurolita, augita, epidota, hornblenda, rutilo y circón.

Las asociaciones mineralógicas dominantes en las diferentes fracciones se han determinado mediante Análisis Factorial en Modo-Q, a partir de las puntuaciones que los factores toman en las variables, de forma que cada factor representa una asociación. La distribución areal de las asociaciones se obtiene a partir del valor de peso que cada estación de muestreo toma en los factores.

En la fracción total se han obtenido tres factores que, conjuntamente, explican el 99% de la varianza (Figura 4). El Factor 1 explica por sí solo el 83% y presenta la asociación cuarzo-calcita ($Q \gg Ca$), que puede considerarse representativa del conjunto de la plataforma, aunque más especialmente en sectores con predominio de la fracción arena. El Factor 2 (15%) presenta la asociación filosilicatos-calcita, con distribución similar a la de los sedimentos fango-arcillosos ubicados al N de la zona, predominando también en zonas internas de la bahía de Cádiz. El Factor 3 indica sedimentos de naturaleza calcárea en puntos aislados de la plataforma y litoral.

En la fracción arcilla, se han obtenido tres factores

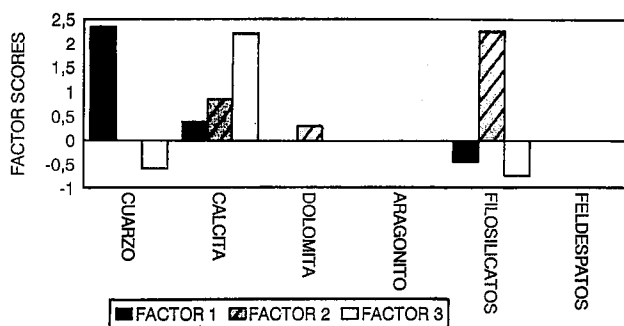


Figura 4.- Asociaciones mineralógicas dominantes en la fracción total, a partir de las puntuaciones de los minerales en los factores (factor scores). Factor 1: Cuarzo-calcita; Factor 2: Filosilicatos-calcita; Factor 3: Calcita (Análisis Factorial en modo-Q).

que explican el 94% de la varianza (Figura 5). El Factor 1, con el 80%, proporciona la asociación illita-caolinita ($I \gg K$) y es dominante en facies fango-arcillosas, aunque puede considerarse representativa de la fracción fina en el conjunto de la zona (Figura 6).

En la fracción pesada, se han obtenido tres factores con un 84% de varianza explicada, siendo el Factor 1 (71%) el que agrupa la mayor parte de las muestras bajo la asociación epidota-granate-rutilo ($Ep \gg G \gg Rut$) (Figura 7), dominante en este sector de la plataforma continental, especialmente en zonas arenosas (Figura 8).

Áreas fuente

Las asociaciones mineralógicas encontradas en las distintas fracciones son similares a las halladas en sedimentos más antiguos que afloran en áreas continentales adyacentes (Figura 1). La asociación dominante en la fracción arcilla (illita-caolinita) es similar a la encontrada por Viguié (1974) en materiales pliocenos y pliocuaternarios de la bahía de Cádiz ($I \gg K \gg S$), o a la encontrada por Mabe-soone (1963), en suelos de las terrazas del río Guadalete ($I \gg K \gg S$).

Respecto a la fracción pesada, la asociación epidota-granate-rutilo es similar a la definida por Mabe-soone (1963, 1966) en las arenas rojas pleistocenas de la cuenca del Guadalete (epidota-granate-andalucita), cuya área fuente ubica en la Cordillera Bética y Sierra Morena, mientras que en los depósitos aluviales de este río encuentra epidota-circón-granate de influencia subbética. En el litoral, en playas próximas a la bahía de Cádiz, domina la asociación epidota-granate-andalucita (Mabe-soone, 1963), y hacia el S, entre Trafalgar y Tarifa, andalucita-granate-epidota (Pérez-Mateos *et al.*, 1982).

A partir de estos datos, y teniendo en cuenta la naturaleza mayoritariamente siliciclástica de los sedimentos, las áreas fuente hay que ubicarlas en terrenos con predominio de materiales ígneos y metamórficos. Sin embargo, la presencia de granos de cuarzo con claras huellas de retrabajamiento y madurez textural (Gutiérrez-Mas, 1992), y el predominio en la fracción pesada de minerales ultraestables, especialmente al S de Cádiz,

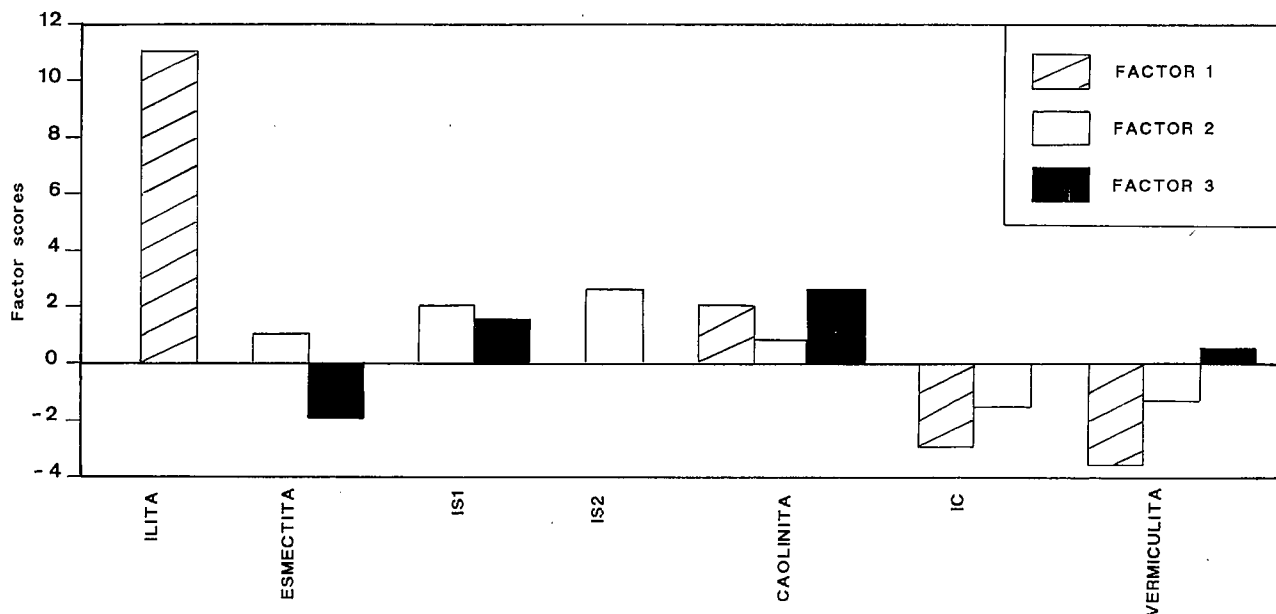


Figura 5.- Asociaciones mineralógicas dominantes en la fracción arcilla, a partir de las puntuaciones de los minerales en los factores (*factor scores*). Factor 1: Illita-caolinita; Factor 2: Interestratificados illita-esmectita (IS1-IS2)-esmectita-caolinita; Factor 3: Caolinita-esmectita-vermiculita (*Análisis Factorial en modo-Q*).

pone de manifiesto que una buena parte de los aportes proceden de terrenos donde afloran materiales de origen sedimentario. Las áreas fuente de composición esencialmente ígnea y metamórfica se ubicarían en terrenos drenados por ríos que desembocan al N de la zona, como hace el Guadalquivir. Así, se propone a Sierra Morena por el N y las Zonas Internas de la Cordillera Bética por el E como dichas áreas fuente. Los aportes de origen sedimentario procederían fundamentalmente de las unidades más occidentales de la Cordillera Bética, especial-

mente del Subbético Medio y de las Unidades del Campo de Gibraltar, drenadas por los afluentes orientales del río Guadalete, Barbate y otros cursos menores (Figura 1). De esta forma, las Areniscas del Aljibe podrían suministrar cuarzo con un alto grado de retrabajamiento. Otra importante fuente de aportes podrían ser los afloramientos neógenos de la Depresión del Guadalquivir, presentes en áreas continentales adyacentes y en el litoral, materiales que, a su vez, debieron recibir aportes de las áreas fuente anteriormente citadas.

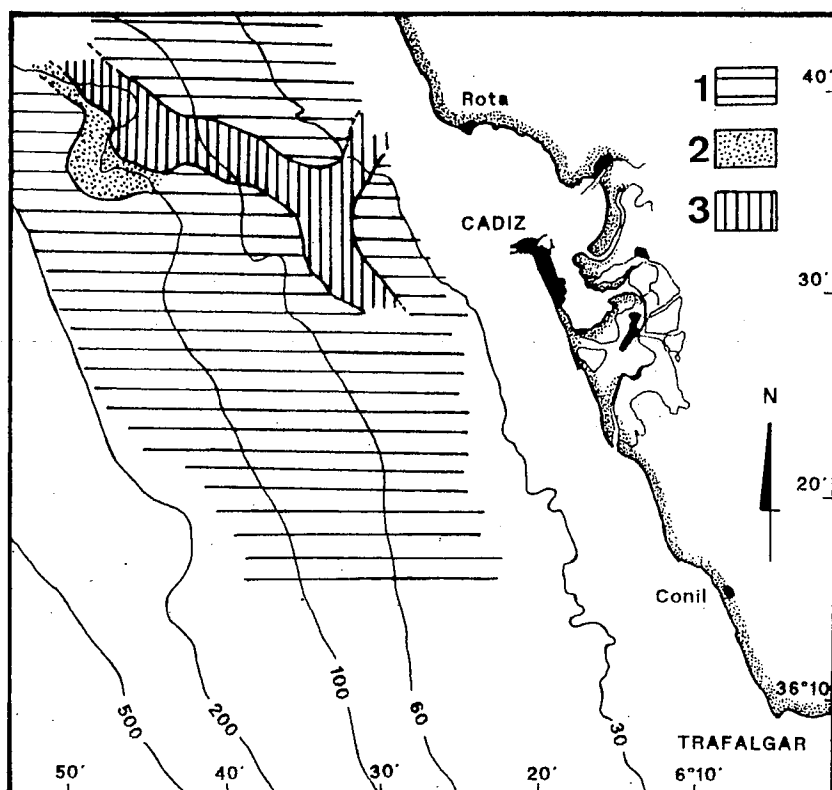


Figura 6.- Distribución areal de las asociaciones de minerales de la fracción arcilla, a partir de los valores de peso (*factor loadings*) de los factores en las estaciones de muestreo. 1. Factor 1: Illita-caolinita; 2. Factor 2: IS-esmectita; 3. Factor 3: Caolinita-IS-vermiculita (*Análisis Factorial en modo-Q*).

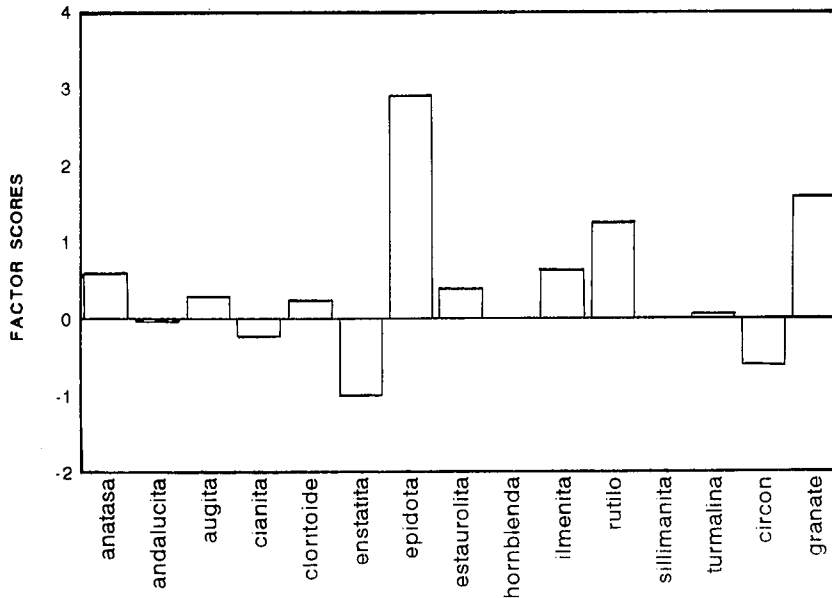


Figura 7.- Asociación mineralógica dominante en la fracción pesada, a partir de las puntuaciones alcanzadas por los minerales (*factor scores*) en el Factor 1 (Epidota-granate-rutilo) (*Análisis Factorial en modo-Q*)

Caracterización de facies sedimentarias

La aplicación del Análisis Factorial en modo-Q a los datos granulométricos y mineralógicos ha permitido la diferenciación de facies y establecer su distribución areal. Las facies están indicadas por las variables que presentan las puntuaciones más altos en los factores, mientras que la distribución areal se establece a partir de los valores que los factores toman en cada punto o estación de muestreo.

Los resultados muestran tres factores que, conjuntamente, explican el 97% de la varianza. El Factor 1 (72%) agrupa el mayor número de muestras bajo la aso-

ciación arena-cuarzo-calcita, expresión de una facies tipo *arena cuarcífero bioclástica*, distribuida especialmente por el sector S de la plataforma continental y el litoral (Figura 8). El Factor 2 (23%) asocia arcilla-filosilicatos-limo-calcita-cuarzo, expresión de una facies tipo *arcilla limosa bioclástica*, como las que se presentan al N de la zona de estudio, cerca de la desembocadura del Guadalquivir, y en puntos de la bahía de Cádiz (Figura 9). El Factor 3 (2%) asocia grava-cuarzo-calcita, expresión de una facies tipo *grava cuarcífero bioclástica*, presente en zonas infralitorales cercanas a la bahía de Cádiz (Figura 10).

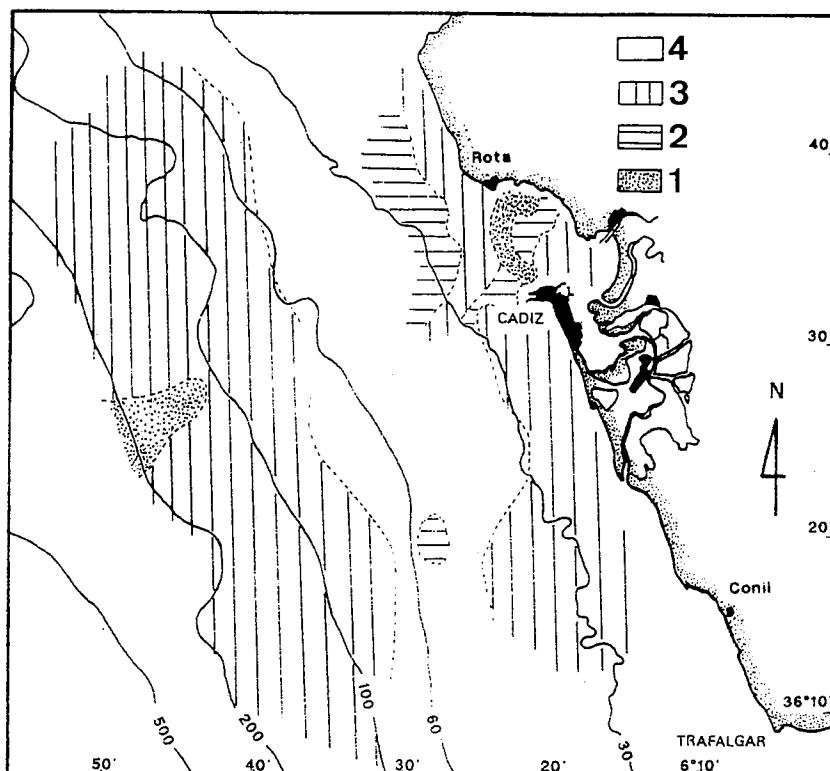


Figura 8.- Distribución areal de las asociaciones de minerales pesados en la plataforma continental, a partir de los valores de peso (*factor loadings*) que toman los factores en las estaciones de muestreo. 1. Factor 3: Rutilo-enstatita-hornblenda-turmalina-zircón; 2. Factor 2: Enstatita-granate-rutilo; 3. factor 1: Epidota-granate-rutilo; 4. Zona arcillosa sin datos (<2% arena) (*Análisis Factorial en modo-Q*)

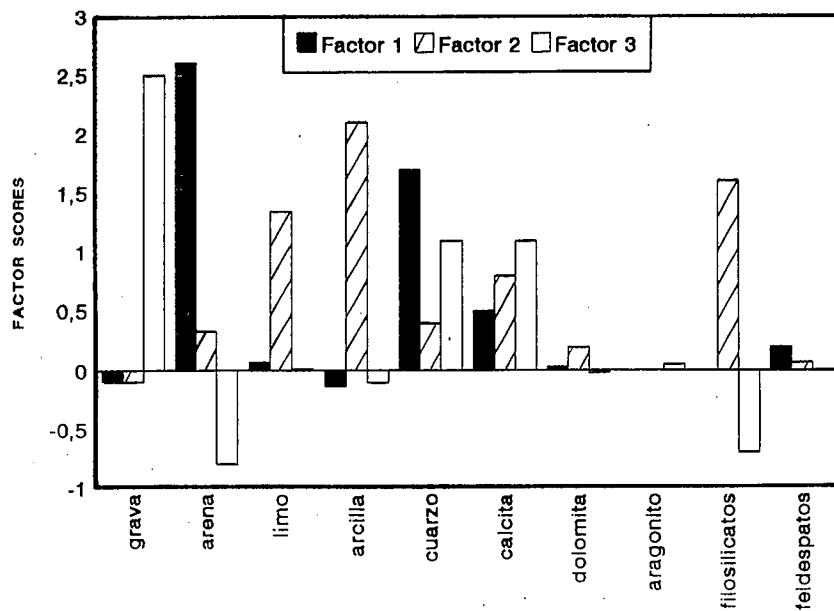


Figura 9.- Diferenciación de facies sedimentarias, a partir de las puntuaciones (factor scores) que toman las variables (minerales y fracciones granulométricas) en los factores. Factor 1: Arena-silicea-bioclástica; Factor 2: Arcilla-limosa-bioclástica; Factor 3: Grava-silíceo-bioclástica.

Dinámica sedimentaria

El transporte de sedimentos está controlado, en la plataforma continental, por el Flujo Atlántico (NASW) y las corrientes litorales, tal y como muestran la distribución de facies sedimentarias y flechas litorales, con transporte neto hacia el SE. No obstante, la presencia en la plataforma externa y talud superior de arenas finas y arenas limosas sugiere que parte de los aportes escapan de la plataforma hacia mar adentro (Figuras 2 y 11).

Entre la desembocadura del Guadalquivir y el cabo de Trafalgar se pueden apreciar diferentes situaciones en relación a la dinámica sedimentaria, según la tasa de aportes de origen fluvial:

a) Al N, cerca de la desembocadura del Guadalqui-

vir, la dinámica sedimentaria está dominada básicamente por los aportes de este río, dando lugar a un depósito de fango tipo prodelta. Éste se diferencia de los del Mediterráneo por no estar directamente asociados con la desembocadura del río, desarrollándose por debajo del nivel de base del oleaje, al estar contralado por las mareas (Maldonado y Nelson, 1988; Baraza y Nelson, 1992). Los sedimentos finos que alcanzan la plataforma son deflectados hacia el SE por acción de olas y corrientes, mientras que la arena permanece cerca de la desembocadura, constituyendo barras litorales y playas, o transportados a lo largo del litoral como flechas que se orientan hacia el SE, llegando a afectar a la propia desembocadura del río que ha migrado en esta dirección debido al crecimiento de la flecha de Doñana (Figuras 2 y 11).

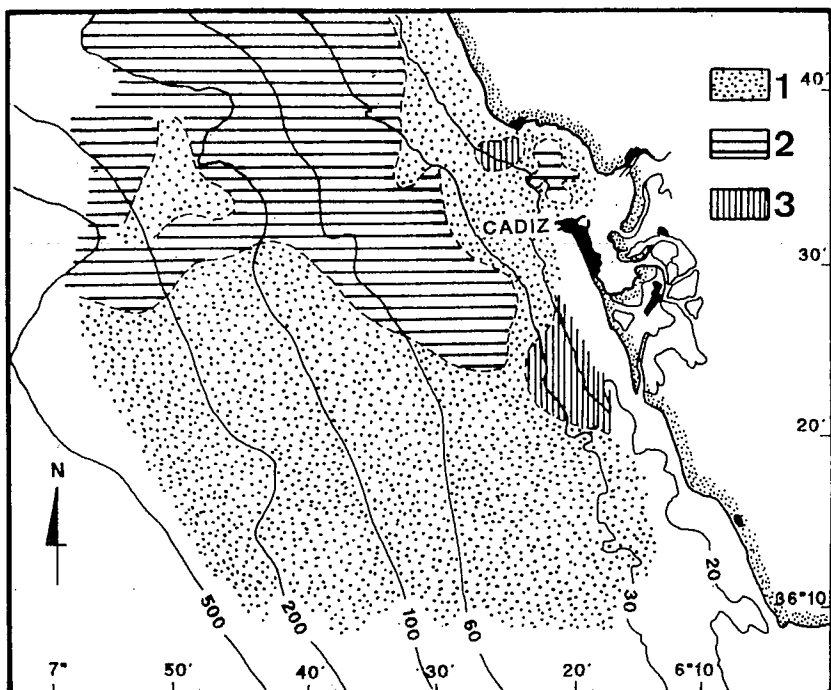


Figura 10.- Distribución areal de las facies sedimentarias en la plataforma continental, a partir de los valores de peso (factor loadings) que toman los factores en cada estación de muestreo. 1. Factor 1: Arena-silicea-bioclástica; 2. Factor 2: Arcilla-limosa-bioclástica; 3. Factor 3: Grava-silíceo-bioclástica (Análisis Factorial en modo-Q)

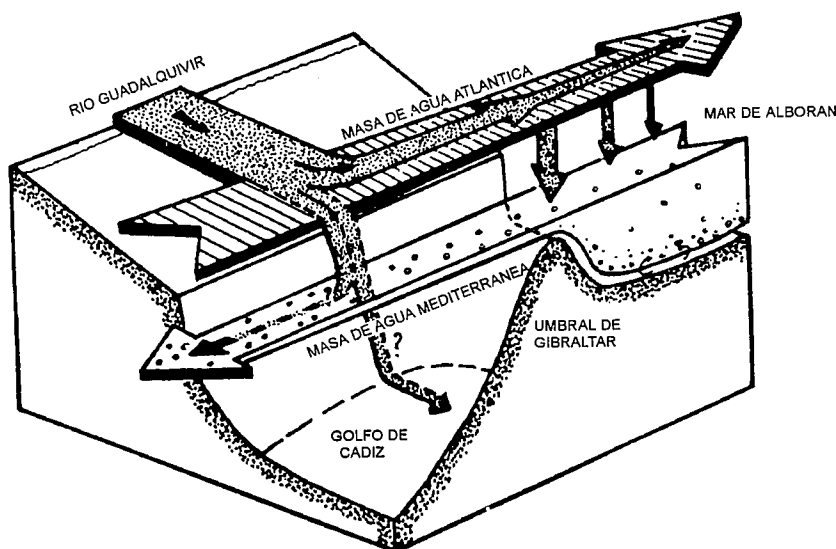


Figura 11.- Esquema de la dinámica de transporte de sedimentos a lo largo del margen ibérico del Golfo de Cádiz (modificado de Grousset *et al.*, 1988)

b) Frente a Cádiz, donde desemboca el río Guadalete, la plataforma recibe pocos sedimentos debido a que los aportes del río se depositan en el interior de la bahía, al abrigo de temporales y corrientes, no alcanzando la plataforma salvo en condiciones excepcionales, como por ejemplo cuando se generan corrientes de refluo mareal de gran intensidad, o por acción de los vientos de levante, que soplan desde tierra y son capaces de producir corrientes superficiales hacia el W.

c) Entre la bahía de Cádiz y el cabo de Trafalgar los aportes fluviales son escasos y la tasa de sedimentación en la plataforma es muy baja. Los aportes proceden básicamente de la erosión de acantilados y del frente litoral durante los temporales, así como del retrabajamiento de sedimentos más antiguos, correspondientes a ciclos sedimentarios anteriores (Swift y Thorne, 1991). Esto ha permitido la presencia en superficie de sedimentos arenosos muy retrabajados y seleccionados, como las arenas cuarcíferas bioclásticas (Gutiérrez Mas, 1992) (*cf.* Figura 2).

En el talud, la dinámica sedimentaria está afectada por procesos gravitativos que tienen lugar en cañones submarinos y zonas escarpadas, y también por la existencia de corrientes de contorno, debidas a la acción del Flujo Mediterráneo (MOW), puesto de manifiesto por la presencia de formas de fondo de alta energía (Heezen y Johnson, 1969; Kenyon y Belderson, 1973; Baraza y Nelson, 1992) que, además de transportar materia en suspensión desde el exterior del Golfo de Cádiz, atrapan la que escapa de la plataforma continental (Figura 11).

En el litoral, la dinámica sedimentaria está condicionada por corrientes de deriva hacia el SE, provocadas por los temporales de Poniente, favorecidas por la orientación de la línea de costa de cara a dichos temporales y su forma escalonada, aunque en algunos sectores de la costa se han detectado corrientes de dirección W generadas en situación de Levante. Los sedimentos proceden fundamentalmente de los grandes ríos (Guadalquivir, Guadalete, Barbate, etc.), aunque en zonas con baja tasa de aportes fluviales proceden de la erosión de acantilados y descarga esporádica de pequeños ríos y arroyos.

En zonas abrigadas, como la bahía de Cádiz, las mareas controlan el régimen hidrodinámico y la sedimentación.

Evolución de la dinámica sedimentaria

Los datos obtenidos a partir de registros sísmicos (Acosta, 1981, 1984; Gutiérrez-Mas, 1992) permiten diferenciar tres cortejos sedimentarios, según el modelo de Vail *et al.* (1991): un cortejo de bajo nivel del mar (LST), representado en la plataforma interna por una superficie de erosión y relleno de canales fluviales; un cortejo transgresivo (TST), representado por terrazas marinas y playas relictas sumergidas, que lateralmente pasan a terrazas y acantilados submarinos; y un cortejo de alto nivel del mar (HST), durante el que se desarrolla una cuña de fango progradante hacia el SE con carácter de prodelta, en relación con la desembocadura del río Guadalquivir (Figura 12).

La actual distribución de facies granulométricas en la plataforma continental próxima a Cádiz expresa el desequilibrio existente entre los sectores N y S de la zona estudiada, debido a la diferente tasa de aportes fluviales existente entre ambos. En el sector meridional predominan las arenas cuarcíferas bioclásticas, propias de medios más energéticos, en tanto que en el septentrional lo hacen los sedimentos fango-arcillosos, cuya naturaleza es más acorde con su posición actual en la plataforma (Figuras 2 y 10)

Esta disposición se debe, en gran parte, a los procesos que afectaron a la plataforma continental durante el último ascenso eustático, debido al calentamiento y fusión de los hielos glaciares durante el Holoceno, lo que favoreció la acumulación de sedimentos finos de origen fluvial en la plataforma interna (Seibold y Berger, 1982), especialmente en zonas cercanas a las desembocaduras de los grandes ríos, mientras que, en las zonas de baja tasa de sedimentación, han permanecido en superficie sedimentos relictos retrabajados, depositados durante los periodos de ascenso del nivel del mar, que presentan, en general, granulometrías más gruesa y un mayor grado de selec-

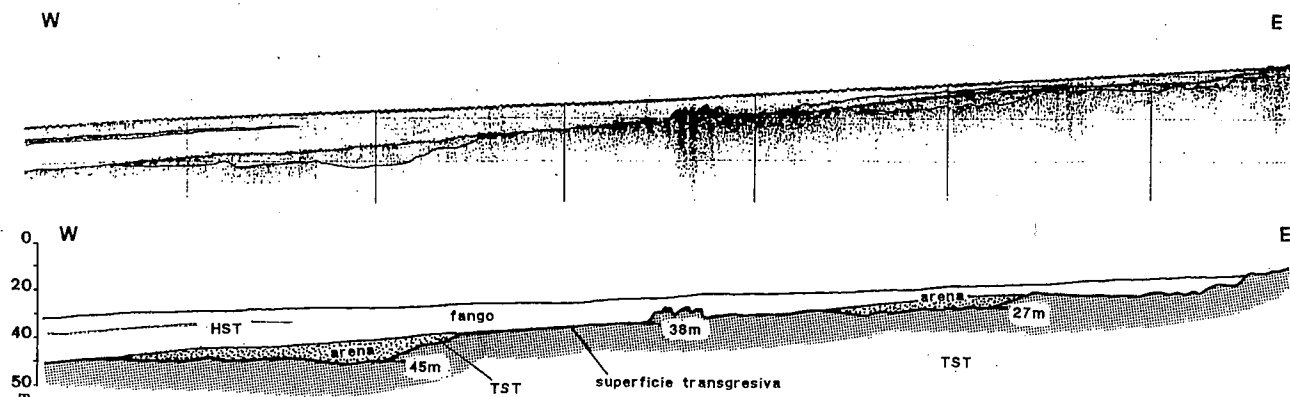


Figura 12.- Perfil sísmico de alta resolución (3.5 kHz) de la plataforma interna frente a Cádiz. TST: superficie de erosión y unidades de morfología lobular atribuibles a un cortejo transgresivo; HST: cuña sedimentaria Holocena atribuible a un cortejo de alto nivel del mar (situación del perfil en la Figura 1, A-A').

ción. En zonas más profundas, como en la plataforma externa y talud superior, el origen de las arenas finas y arenas limosas debe de estar relacionado con procesos gravitacionales y de transporte de partículas en suspensión.

Durante el último periodo glaciario (18.000 años BP) la plataforma continental se encontraba emergida (Aloisi, 1986), lo que permitió su erosión y la colmatación de canales fluviales. La sedimentación marina tenía lugar en sectores distales de la plataforma externa actual, talud y cuenca (LST) (Figura 13). Al término del periodo glaciario, la transgresión Flandriense posterior (14.000-6.000 años BP) generó una nueva superficie de erosión, con excavamiento de terrazas marinas y pequeños acantilados, produciéndose el retrabajamiento de las facies litorales y el desarrollo de cuerpos retrogradantes (TST). Los sedimentos arenosos del sector S de la zona se configuran como depósitos litorales de alta energía, acumulados en momentos de ascenso del nivel del mar, cuya supervivencia en superficie se debe a la baja tasa de sedimentación ya que el Guadalete y Barbate, únicos ríos de cierta importancia, dejaron la mayor parte de sus aportes en sectores internos de sus estuarios. Desde hace unos 6.000 años a la actualidad se produce el desarrollo de un cortejo de alto nivel del mar (HST) (Aloisi, 1986), gene-

rándose la cuña de fango progradante proveniente fundamentalmente de la desembocadura del río Guadalquivir (Figura 13).

Los prodeltas agradarían inicialmente hasta ocupar el espacio de acomodación generado por el ascenso eustático, para progradar posteriormente, por acción de las corrientes, hacia el SE y mar adentro, alcanzando el talud. En zonas de baja tasa de sedimentación se remobilizan y retrabajan sedimentos antiguos, generándose depósitos de tipo palimpsests. En el máximo eustático postglacial (6.000-5.000 años BP) el nivel del mar se ubicó unos 3 m por encima del actual (Aloisi, 1986; Saito, 1991), inundándose la desembocadura de los ríos, las cuales constituyeron estuarios colmatados parcialmente (Hoffman, 1988). Al descender el nivel del mar hasta su posición actual los estuarios quedaron emergidos, generándose llanuras mareales como las que se encuentran en las desembocaduras de los ríos Guadalquivir, Guadalete y Barbate. Simultáneamente, en la costa se regulariza el perfil longitudinal por transporte y acúmulo de sedimentos a largo de la misma (Ojeda, 1989), desarrollándose grandes playas y flechas litorales, favorecidas por la dirección de las corrientes dominantes hacia el SE, así como por la orientación y morfología de la línea de costa.

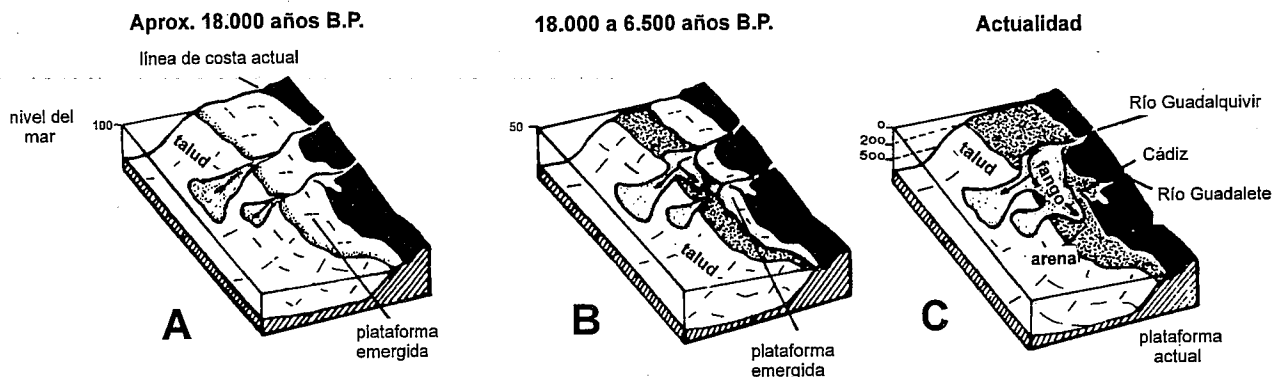


Figura 13.- Síntesis esquemática de la evolución sedimentaria de la plataforma continental próxima a Cádiz durante el Holoceno. A. Desarrollo de un cortejo sedimentario de bajo nivel del mar en el borde de la plataforma y talud, con la plataforma actual emergida; B. Desarrollo de un cortejo sedimentario transgresivo, durante la etapa de ascenso del nivel del mar, con depósito de arenas litorales en zonas de baja tasa de aportes fluviales y depósito de fango, tipo prodelta, cerca de la desembocadura del río Guadalquivir; C. Desarrollo de un cortejo de alto nivel del mar y situación actual, con progradación de los sedimentos fangosos hacia el SE sobre las arenas.

Conclusiones

A) La plataforma continental próxima a Cádiz puede dividirse, bajo el punto de vista sedimentológico, en dos sectores: al S predominan arenas cuarcíferas bioclásticas, propias de medios más energéticos que los correspondientes a su actual posición en la plataforma, depositadas en momentos de bajo nivel del mar, y que han sido retrabajadas por acción de los temporales; al N aparecen fangos arcillosos, relacionados con la desembocadura del río Guadalquivir y que, con carácter de prodelta, progredían hacia el SE sobre las arenas.

B) La utilización del Análisis Factorial Multivariante ha permitido determinar las asociaciones mineralógicas dominantes en las distintas fracciones de los sedimentos, definir las facies y establecer su distribución areal. El cuarzo predomina en las fracciones total y arena, seguido de la calcita, que tiene un origen bioclástico. En la fracción arcilla la asociación mineralógica dominante es illita-caolinita y en la pesada, epidota-granate-rutilo. Estas asociaciones son similares a las encontradas en terrenos continentales adyacentes, constatándose la persistencia, al menos desde el Plioceno superior a la actualidad, de las fuentes de aportes.

C) Las áreas fuente de los sedimentos se encuentran diversificadas: por el norte y noreste en Sierra Morena y Zonas Internas de la Cordillera Bética, respectivamente, alcanzando los materiales la plataforma a través de los cursos fluviales que tienen su desembocadura al N de la zona de estudio, especialmente el Guadalquivir. Por el sur y sureste, en las Unidades Subbéticas y del Campo de Gibraltar, y afloramientos neógenos de la Depresión del Guadalquivir (Mioceno superior- Plioceno-Cuaternario), presentes en las cuencas de los ríos Guadalquivir y Guadalete.

D) La dinámica sedimentaria y su evolución reciente está condicionada por: a) las fluctuaciones de nivel del mar durante el Holoceno; b) la diferente tasa de sedimentación entre los sectores N y S de la zona; c) la dirección dominante de las corrientes hacia el SE y d) la estructura tectónica, que condiciona la orientación y morfología de la costa y margen continental.

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos DGICYT AMB94/0501, AMB93-0794 y PB92-0960 y el Grupo 4065 de la Junta de Andalucía.

Bibliografía

- Acosta, J. (1981): Apantallamientos acústicos en la ría de Muros y Noya y en el margen continental de Cádiz. *Boll. Inst. Esp. Oceanogr.*, VII: 125-149.
- Acosta, J. (1984): Occurrence of acoustic masking in sediments in two areas of the continental shelf of Spain: Ría de Muros (NW) and Gulf of Cádiz (SW). *Mar. Geol.*, 58: 427-434.
- Aloisi, J. C. (1986): Sur un modèle de sedimentation deltaïque contribution à la connaissance des marges passives. *Thèse*, Univ. Perpignan. 162. pp.78.
- Baldy, P., Boillot, G., Dupeuble, P. A., Malod, J., Moita I. y Mougenot, D. (1977): Carte Géologique du plateau continental sud-portugais et sud-espagnol (Golfe de Cadix). *Bull. Soc. Géol. France*, (7) 19: 703-724.
- Baraza, J. y Nelson, H. (1992): Clasificación y dinámica de formas de fondo en el Golfo de Cádiz: implicaciones de la corriente profunda mediterránea en los procesos sedimentarios durante el Pliocuaternario. *III Congr. Geol. Esp. y VIII Congr. Latinoamer. Geol.* Salamanca Simposium, 2: 477-486.
- Bray, N. (1986): Gibraltar Experiment CTD. *Data Report I.SIO Reference Series* 86-21. 212 pp.
- Davis, J. C. (1973): *Statistical and data analysis in Geology*. Wiley and Sons, New York. 550 pp.
- Grousset, F. E., Joron, J. L., Biscaya, P. E., Latouche, C., Treuil, M., Faugeres, J. C. y Goutier, E. (1988): Mediterranean outflow trough Strait of Gibraltar since 18.000 years B.P. Mineralogical and Geochemical argument. *Geomarine Letters*, 8: 25-35.
- Gutiérrez Mas, J. M. (1992): Estudio de los sedimentos recientes de la plataforma continental y Bahía de Cádiz. *Tesis Doctoral*, Univ. Cádiz. 364 pp.
- Gutiérrez Mas, J. M., Dominguez Bella, S. y López Aguayo, F. (1994): Present-day sedimentation patterns of the Gulf of Cadiz northern shelf from heavy mineral analysis. *Geomarine Letters*, 14: 52-58.
- Heezen, D. C. y Johnson, G. C. (1969): Mediterranean undercurrent and micro-physiography west of Gibraltar. *Bull. Inst. Oceanogr. Mónaco*, 67: 1-95.
- Hoffman, G. (1988): Holozánstratigraphie und Küstenlinieverlagerung an der andalusischen mittelmerküis. *Dissertation and Fachbereich Geowissenschaften der Universität de Bremen*, 2, 173 pp.
- Imbrie, J. (1963): Factor and vector analysis programs for analyzing geological data. *Office Naval Res., Geogr. Branch*, Tech. Rep. 6. 83 pp.
- Imbrie, J. and Van Andel, T. H. (1964): Vector Analysis of heavy mineral data. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 70: 1131-1156.
- Jöreskog, K. G., Klovamn, J. E. y Reymont, R. A. (1976): *Geological factor analysis*. Elsevier. 178. pp.
- Kenyon N. H. y Belderson, R. H. (1973): Bed forms of the Mediterranean undercurrent observed with side-scane-sonar. *Sedim. Geology*, 9: 77-99.
- Komar, P., Clemens, K. E., Li, Z. y Shih, S. M. (1989): The effects of selective sorting on factor analysis of heavy minerals assemblages. *Jour. Sed. Petrology*, 59: 590-596.
- Mabesoone, J. M. (1963): Coastal sediments and coastal development near Cadiz. *Geologie in Mijnb.* 42: 23-43.
- Mabesoone, J. M. (1966): Depositional and provenance of the sediments in the Guadalete estuary (Spain). *Geologie in Mijnb.* 45: 25-32.
- Maldonado, A. y Nelson, C.H. (1988): Dos ejemplos de márgenes continentales de la Península Ibérica: El margen del Ebro y el Golfo de Cádiz. *Rev. Soc. Geol. España*, 1: 317-325.
- Melieres, F. (1974): Recherches sur la dynamique sédimentaire du Golfe de Cadix (Espagne). *Thèse*. Univ. de Paris. 235 pp.
- Ojeda, J. (1989): Dinámica litoral reciente de la costa occidental de Andalucía. El Cuaternario en Andalucía Occidental. *AEQUA, Monografías*, 1: 123-132.
- Pérez-Mateos, J., Pinilla, A., Alcalá del Olmo, L. y Alexandre, T. (1982): Mineralogía de los arenales costeros españoles. Tramo Málaga-Ayamonte. *Bol. Geol. y Min. España*, 93: 1-18.
- Reymont, R. y Jöreskog, K.G. (1993): *Applied Factor Analysis in the Natural Sciences*. Cambridge University Press, 369 pp.
- Roberts, D.G. (1970): The Rif-Betic Orogen in the Gulf of Cádiz. *Marine Geology*, 9: 1031-1037.
- Saito, Y. (1991): Sequence stratigraphy on the shelf and upper slope in response to the later Pleistocene-Holocene sea-level changes off Sendai, Northeast Japan. *Spec. Publ. Int. Ass. Sediment.*, 12: 133-150.
- Sanz de Galdeano, C. (1990): La prolongación hacia el sur de las fosas y desgarras del norte y centro de Europa: Una propuesta de interpretación. *Rev. Soc. Geol. de España*, 3: 231-241.
- Segado, M., Gutierrez, J. M., Hidalgo, F., Martinez, J. M. y Cepero, F. (1984): Estudio de los sedimentos recientes de la plataforma continental gaditana entre Chipiona y Cabo Roche. *Bol. Geol. Min. España*, 95: 310-324.
- Seibold, E. y Berger, W. H. (1982): *The Sea Floor. An introduction to Marine Geology*. Springer-Verlag. 288 pp.
- Shull, N y Bray, N. (1989): Gibraltar Experiment. *Data Report II. SIO Reference Series* 89-23. 259 pp.
- Swift, D. J. P. y Thorne, J. A. (1991): Sedimentation on continental margins I: A general model for shelf sedimentation. In: *Shelf Sand and Sandstone Bodies: Geometry, Facies and Sequence Stratigraphy* (D.J.P. Swift, G.F. Oertel; R.W., Tillman and J.A. Thorne,

- Eds.). *Spec. Public. Inter. Ass. Sediment.*, 14: 3-31.
- Vail, P. R., Andernard, F., Bowman, J. A., Eisner, P. N. y Pérez-Cruz, G. (1991): The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentation. In: *Cycles and Events in Stratigraphy*. Tübingen Univ.: 617-659.
- Vigier, C. (1974): Le Néogène de l'Andalousie Nord-occidentale (Espagne). Histoire géologique du bassin du bas Guadalquivir. *Thèse*. Univ. Bordeaux. 449 pp.
- Visher, G. S. (1969): Grain size distribution and depositional processes. *Jour. Sed. Petrol.* 39: 1074-1106.

Manuscrito recibido el 13 de Abril de 1993

Aceptado el manuscrito revisado el 24 de Enero de 1995